

O ESPAÇO E O TEMPO, ENTRE A CIÊNCIA E A FILOSOFIA: NOTAS PARA O ENSINO DE FÍSICA

THE SPACE AND TIME, BETWEEN SCIENCE AND PHILOSOPHY: NOTES TO THE TEACHING OF PHYSICS

Ricardo ALVES FERREIRA¹
José A. HELAYËL-NETO²
Rômulo SIQUEIRA-BATISTA³
Vítor L. Bastos DE JESUS⁴
Rodrigo SIQUEIRA-BATISTA⁵

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (RJ) – Email: dieselferreira@click21.com.br

2. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) – Email: helayel@cbpf.br.

3. Centro Universitário Serra Órgãos (UNIFESO) – Email: romulosib@hotmail.com.

4. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (RJ) – Email: vitor@vdg.fis.puc-rio.br

5. Centro Universitário Serra Órgãos (UNIFESO) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (RJ) – Email: rsiqueirabatista@terra.com.br

RESUMO

O que são espaço e tempo? Clássicos temas da filosofia, *espaço e tempo* – aspectos centrais nas relações que os homens estabelecem com a realidade – tornaram-se, ao longo da história do pensamento, no Ocidente, questões cruciais das ciências da natureza. Tais constatações ratificam a significância da abordagem destas grandezas para a apreciação interdisciplinar no Ensino de Física, á luz das referências da História e da Filosofia da Ciência. Apresentar reflexões acerca das possibilidades de abordagem dos problemas relativos ao espaço e ao tempo, no âmbito do Ensino de Física, é o escopo da presente investigação.

Palavras-chave: Ensino de física; História e filosofia da ciência; Espaço; Tempo.

ABSTRACT

What are the space and time? Classical topics in Philosophy, such as space and time – central aspects of the relationships human beings try to establish with reality – have set out, throughout the history of western thought, as central issues of the so-called Natural Sciences. This statement supports the introduction and development of these concepts if one aims at an interdisciplinary approach in Physics Teaching. Such a task can be carried out with the help of the rich literature in History and Philosophy of Science. The main goal of this contribution is to propose a discussion on the different possibilities of tackling interesting problems connected to space and time in the broad framework of Physics Teaching.

Keywords: Physics teaching; History and philosophy of science; Space; Time.

INTRODUÇÃO

Quem, por conseguinte, se atreve a negar que as coisas futuras *ainda* não existem? Não está já no espírito a expectativa das coisas futuras? Quem pode negar que as coisas pretéritas *já* não existem? Mas está ainda na alma a memória das coisas passadas. E quem contesta que o presente carece de espaço, porque passa num momento? Contudo, a atenção perdura, e através dela continua a retirar-se o que era presente. Portanto, o futuro não é um tempo longo, porque ele não existe: o futuro longo é apenas a longa expectativa do futuro. Nem é longo o tempo passado porque ele não existe, mas o pretérito longo outra coisa não é senão a longa lembrança do passado.

[Santo Agostinho]

As conversações entre a Física e a História e Filosofia da Ciência (HFC) têm se desenrolado ao longo do século XXI de modo bastante salutar, impactando em ambos os saberes, com repercussões especiais na área da educação (MOREIRA *et al.*, 2007; ROMANELLI *et al.*, 2007; SIQUEIRA-BATISTA *et al.*, 2008a). De fato, a HFC é um dos campos do conhecimento considerados estratégicos para o aprimoramento do Ensino de Física (EF), na medida em que a abordagem dos distintos conteúdos científicos — a partir da contextualização histórica e filosófica dos problemas enfrentados pelos cientistas —, permite ao estudante, uma compreensão mais genuína do processo de construção do conhecimento científico. Tal movimento se passa, em última análise, nas arcaicas relações que se estabeleceram entre a Física e a Filosofia:

A física e a filosofia conviveram desde o seu nascimento: às vezes misturadas, outras vezes cooperando entre si e frequentemente lutando uma contra a outra. Desde os pré-socráticos até Einstein e Heisenberg, não houve grande físico que não sofresse o fascínio e não se sentisse em parte motivado pela filosofia. De Aristóteles a Whitehead e Russel não houve grande filósofo que não tivesse meditado sobre a física, não utilizasse alguns de seus resultados e não se inspirasse, às vezes, em seus métodos. É verdade, as incursões filosóficas dos físicos, assim como as filosofias da física excogitadas por filósofos, foram, amiúde, obra de amadores. Ainda assim, foram de interesse e, muitas vezes, fecundas e, de todo modo, não é possível ignorá-las.

[BUNGE, 2000, p. 9]

Entre as questões que podem ser apreciadas nestas conversações, envolvendo a HFC e o EF, está todo o rol de indagações acerca do espaço e do tempo (figuras 1 e 2). A construção destas idéias pode ser caracterizada como um longo processo, de continuidades e de cisões, tornando possível reconhecer-se a originalidade de algumas contribuições — capazes de modelar toda a mundividência de uma época — e as inflexões monumentais, no Espírito, experimentadas nos processos de transição paradigmática (KUHN, 2006). Neste processo é factível divisar dois grandes momentos de ruptura de cosmovisão: o advento da física newtoniana (NEWTON, 1978) — em substituição à física aristotélica — e a proposição da Teoria da Relatividade Geral (TRG) por Einstein, segundo a qual espaço e tempo formam um *contínuo quadridimensional* — ampliando as possibilidades explicativas da Física Clássica (EINSTEIN, 1999; SIQUEIRA-BATISTA, 2009). Investigar tais “mutações” conceituais tem se mostrado de grande relevância para se compreender as transformações do próprio processo de constituição da ciência moderna — assim como seu impacto pedagógico e cultural —, uma vez que pode ser demarcada grande influência da ciência natural sobre as sociedades ocidentais (KOYRÉ, 1991; TASSINARI, 2006).



Figura 1. O espaço. *A escola de Atenas*, 1510-1511.

Rafael. Vaticano, Stanza della Segnatura.

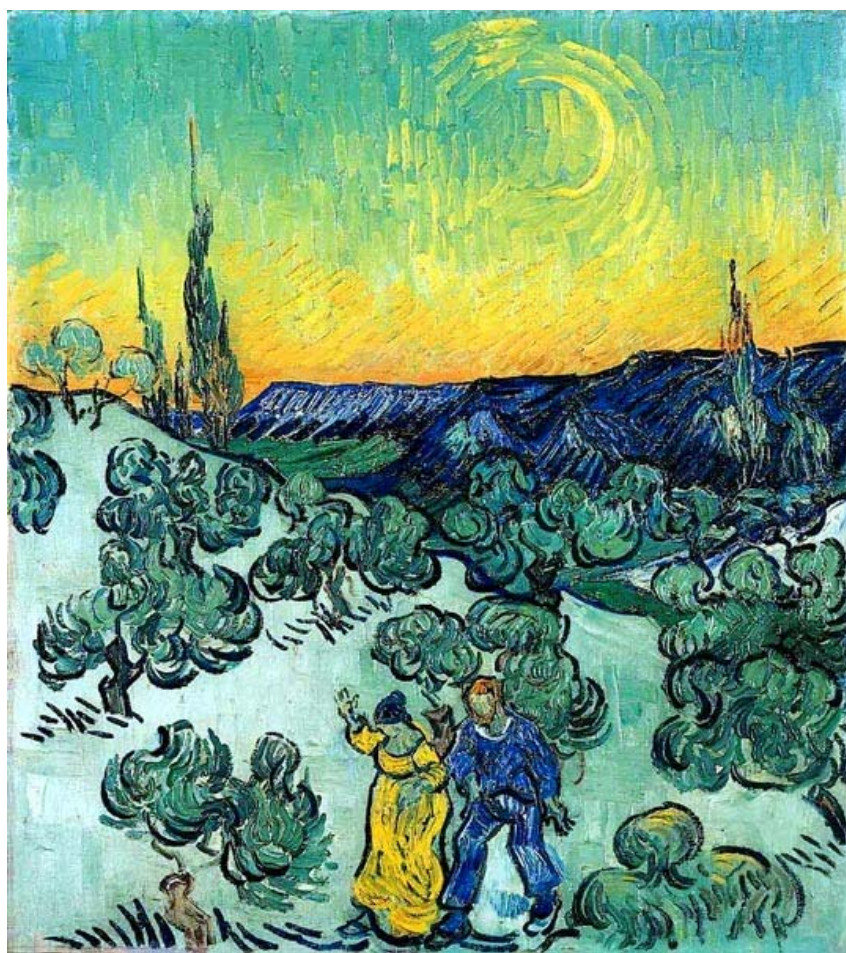


Figura 2. O tempo. *Passeio ao crepúsculo*, 1889-1890.

Vincent Van Gogh. Museu de Arte de São Paulo.

Desde esta perspectiva, o objetivo do presente artigo é apresentar a evolução conceitual das idéias de espaço e de tempo, com vistas à delimitação de marcos teóricos empregáveis na sala de aula, na esfera do EF, sobretudo da Física Clássica e da Física Moderna. Trata-se de uma investigação conceitual, de cunho histórico-filosófico, compreendendo os seguintes passos: (1) Estudo crítico dos textos originais – de Aristóteles, Newton e Einstein –, que contemplem as questões atinentes ao espaço e ao tempo, seguida por leitura e análise crítica de obras produzidas por comentadores destes autores; (2) Demonstração matemática, quando pertinente, com o intuito de esclarecer a explicação dos conceitos; e (3) Organização dos conceitos, do ponto de vista histórico e filosófico, de modo a elaborar referenciais para o debate epistemológico. A discussão será dirigida, especialmente, aos dois momentos de transição paradigmática assinalados, ou seja, o “deslocamento” da física de Aristóteles para a física de Newton e a emergência da TRG por Einstein. O trabalho foi realizado com suporte financeiro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica (PIBIC) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ).¹

APONTAMENTOS SOBRE O ESPAÇO E O TEMPO

A partir da investigação realizada puderam ser delimitados os seguintes elementos:

AS NOÇÕES DE *ESPAÇO* E DE *TEMPO* E A EXPERIÊNCIA HUMANA DE EXISTIR

Espaço e tempo são conceitos de destacada preeminência na vida do *Homo sapiens sapiens* (SZAMOSI, 1994) — cuja tematização remonta à alvorada do pensamento filosófico na Grécia, por pensadores como Platão e Aristóteles (ARISTÓTELES, 1931; BRAGUE, 2006; DAHMEN, 2006; SIQUEIRA-BATISTA, 2003), tornando-se, posteriormente, questões cruciais das ciências da natureza — especialmente da astronomia e da física —, as quais têm propostos diferentes modelos, como aqueles formulados no âmbito da mecânica clássica (NEWTON, 1978) e da teoria da relatividade geral (EINSTEIN, 1999; RENN, 2005). Tais explicações estão inscritas na história — na medida em que as atuais concepções de espaço e de tempo não são as mesmas de outrora (HAWKING e MLODINOW, 2005).

ARISTÓTELES

O filósofo Aristóteles concebe o espaço como *lugar*, ou seja, *posição* de um corpo em relação aos outros (ABBAGNANO, 2003), não sendo matéria ou forma, de modo que “*o limite primeiro imóvel do continente, eis o que é o espaço*” (ARISTÓTELES, 1931, IV, 211). Ou seja, trata-se da “*região ocupada pelo corpo, seu contorno externo e o contorno do corpo maior onde*

¹ O Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis tornou-se Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), conforme a Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, e Portaria nº 04, de 6 de janeiro de 2009.

ele está contido” (CHAUI, 2002, p. 411). Compreende-se, pois, que Aristóteles não pensa o espaço como *vazio e homogêneo*, visões que se tornarão hegemônicas no pensamento moderno.

Em relação ao tempo, Aristóteles considera-o estreitamente relacionado à idéia de movimento: “*o tempo é a medida do movimento segundo o antes e o depois*” (ARISTÓTELES, 1931, IV, 17). Reconhecendo que a mensuração é uma operação intrínseca à alma, chega à conclusão de que “*resulta impossível a existência do tempo sem a existência da alma*” (REALE, 2001, p. 252), antecipando, de certo modo, as conjecturas de Santo Agostinho.

ISAAC NEWTON: ESPAÇO E TEMPO ABSOLUTOS

No pensamento de Newton, o espaço é compreendido como *receptáculo* que alberga os objetos materiais (ABBAGNANO, 2003). Ademais, a idéia de absoluto — diferenciável do espaço relativo — é central na física newtoniana:

O espaço absoluto, por sua própria natureza, sem relação com algo exterior, é sempre semelhante e imóvel. O espaço relativo é a dimensão móvel ou a medida do espaço absoluto; nossos sentidos o determinam por sua posição em relação aos corpos, sendo muitas vezes confundido com o espaço imóvel.

[NEWTON, 1978, p. 40]

Esta concepção de espaço absoluto pode ser melhor compreendida com base nos seguintes apontamentos: imagine que uma longa barra de ferro em repouso sobre uma longa mesa tenha comprimento L_o , medida por um observador A sentado à mesa. Um observador B, que se move paralelamente ao comprimento da barra de ferro com velocidade constante v em relação ao observador A, decide medir o comprimento da barra. De posse de um cronômetro que é acionado e desligado quando o observador B encontra o início e o final da barra de ferro, respectivamente, um intervalo de tempo T pode ser medido. Sabendo que sua velocidade em relação ao observador A é v , o observador B deduz que o comprimento da barra é $L = vT$. O observador B, que conhece bem a física newtoniana, nunca duvidará que o comprimento da barra medido por ele, L , é igual aquele medido pelo observador A, L_o . Isso se deve ao conceito de que *o espaço é absoluto*, não dependendo da posição entre os observadores.

Acerca do tempo, Newton admitiu-o como *absoluto*, distinguindo-o do tempo relativo:

O tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com nada externo, e também é chamado duração. O tempo relativo, aparente e comum, é uma medida sensível e externa da duração por meio do movimento.

[NEWTON, 1978, p. 45]

Com efeito, tomando o mesmo exemplo da mensuração do comprimento da barra de ferro, o observador B obteve uma medida de tempo com um cronômetro. Supondo que, anteriormente, em um outro ponto do espaço, os dois observadores tivessem sincronizados seus relógios e que, depois disso, ambos tivessem obtido medidas de tempo para a duração de um determinado evento T , para o observador B, e T_o , para o observador A, ambos concordariam que os tempos medidos seriam os mesmos ($T = T_o$), observação afim à concepção newtoniana de tempo absoluto, o qual flui uniformemente, independente da posição dos observadores.

ALBERT EINSTEIN: O CONTÍNUO QUADRIDIMENSIONAL

A física einsteiniana – especificamente a Teoria da Relatividade – provocou uma profunda mudança na compreensão do espaço e do tempo:

[...] a teoria da relatividade nos força a mudar fundamentalmente nossas idéias de espaço e tempo. Precisamos aceitar que o tempo não está inteiramente separado e independente do espaço, e sim combinado com ele para formar um objeto chamado espaço-tempo.

[HAWKING e MLODINOW, 2005, p. 42]

De fato, o espaço e o tempo, em Einstein, formam um *contínuo quadridimensional*, cujo ponto de partida é a crítica à concepção de espaço — e de tempo — da física clássica:

[...] o físico clássico divide o contínuo quadridimensional em espaços tridimensionais e no contínuo de tempo unidimensional. O físico antigo se preocupa apenas com a transformação do espaço, porquanto o tempo é para ele absoluto. Acha natural e conveniente a divisão do contínuo quadridimensional mundial em espaço e tempo. Mas, do ponto de vista da teoria da relatividade, tanto o espaço como o tempo se alteram ao passar de um SC [sistema coordenado] para outro, e a transformação de Lorentz considera as propriedades de transformação do contínuo quadridimensional de espaço-tempo de nosso quadridimensional mundo dos acontecimentos.

[EINSTEIN e INFELD, 1962, p. 170-171]

Este *contínuo quadridimensional* é formulado a partir do acréscimo da coordenada temporal às coordenadas utilizadas por Descartes (eixos x , y e z), como proposto por Einstein:

O nosso espaço físico, conforme considerado através de objetos e seu movimento, tem três dimensões e as posições são caracterizadas por três números. O instante de um acontecimento é o quarto número. Quatro números definidos correspondem a todo acontecimento; um acontecimento definido deve corresponder a quatro números quaisquer. Portanto: o mundo dos acontecimentos forma um *contínuo quadridimensional*.

[EINSTEIN e INFELD, 1962, p. 170; *grifo* do original]

Nesta citação — afim às discussões entabuladas na Teoria da Relatividade restrita —, Einstein retoma a noção clássica de espaço como lugar, integrando tal grandeza ao tempo. A grande “inovação” está na modificação do conceito de simultaneidade. Os postulados propostos por Einstein em seu artigo “*Zur Elektrodynamik Bewegter Körper*” (*Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*), publicado em 1905, no *Annalen der Physik*, o *Princípio da Relatividade* (as leis da Física são as mesmas em todos os sistemas inerciais; ou seja, não existe nenhum sistema inercial preferencial) e o *Princípio da Constância da Velocidade da Luz* (a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor em todos os sistemas inerciais) (OLIVEIRA, 2005), implicam na *relatividade da simultaneidade*, segundo a qual *dois eventos que são simultâneos em um referencial em geral não são simultâneos quando observados em um outro referencial inercial que esteja em movimento em relação ao primeiro*. A definição de simultaneidade para eventos separados, dada por Einstein, é a seguinte: um evento ocorrendo em um tempo t_1 e posição x_1 é simultâneo a um evento ocorrendo em um tempo t_2 e posição x_2 se sinais luminosos (a maneira mais rápida conhecida de se enviar informação) emitidos em t_1 de x_1 e em t_2 de x_2 chegarem

simultaneamente ao ponto médio entre x_1 e x_2 , medido geometricamente. Os eventos serão simultâneos para um observador situado no ponto médio entre suas posições, se ele vê os dois eventos acontecerem simultaneamente. A simultaneidade depende da posição (x_1 e x_2) e do tempo (t_1 e t_2), não sendo um conceito absoluto, independente da localização no espaço, como é na física clássica (EISBERG, 1979).

Desta feita, os postulados citados implicam na relatividade do comprimento de um objeto ou a duração de um evento, na dependência do referencial inercial no qual se encontre o observador; de fato, estando em movimento em relação ao objeto, o comprimento deste será menor em comparação ao mesmo objeto mensurado por um observador estacionário. A formulação matemática do fator de contração é fornecida pelas equações de transformação de Lorentz. Fator semelhante — porém de dilatação, e não de contração — ocorre quando um observador, cujo referencial inercial está em movimento em relação a um evento, afere a duração deste, comparando o mensurado com o do observador estacionário.

O comprimento de uma régua medido por um observador que viaja a uma velocidade v paralela a mesma não será mais o comprimento da régua medido no referencial da régua, L_o , será agora dado por:

$$L = L_o \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

sendo L_o o chamado comprimento próprio do objeto, ou seja, o comprimento medido no referencial onde o objeto está em repouso, e L o comprimento do objeto medido por um observador em um referencial em movimento paralelo à régua com velocidade v . Aqui o fator que multiplica L_o é o chamado fator de Lorentz, implicando na contração do comprimento. A medida da contração só será apreciável quando v estiver próximo da velocidade da luz, c , o que explica o porque de não se perceber tais fenômenos na vida diária. As velocidades são muito baixas comparadas com a velocidade da luz, aproximadamente 300.000 km/s. Assim sendo, o fator de Lorentz é praticamente unitário, não fornecendo modificações apreciáveis ao resultado da medida.

A despeito destas considerações, a compreensão do espaço se transforma, distanciando-se ainda mais da tradição, na TRG, na qual se introduz a idéia de *campo*, âmbito no qual são representados os fenômenos físicos — por exemplo, os fenômenos gravitacionais passam a ser entendidos a partir de alterações na estrutura métrica do campo.

No que diz respeito ao tempo, utilizando os mesmos postulados que implicam na relatividade do espaço, é possível concluir que a dilatação temporal também acontece. Imagine um referencial inercial R_o onde um determinado evento ocorre durante um intervalo de tempo T_o , sempre na mesma posição medida neste referencial. O referencial R_o se move com velocidade v em relação a um outro referencial inercial R . No referencial inercial R o mesmo evento tem duração T , relacionando-se com T_o como se segue:

$$T = \frac{T_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

sendo T_o o chamado tempo próprio, ou seja, corresponde ao intervalo de tempo medido sempre no mesmo ponto no referencial inercial R_o . Aqui ocorre então a dilatação do tempo para o observador no referencial R . Em outros termos, o observador no referencial R tem seu relógio

adiantado em relação ao relógio do outro observador no referencial R_o . O fator de Lorentz aparece, aqui, no denominador. A medida da dilatação temporal só será apreciável quando v estiver próximo da velocidade da luz, c . Isso pode ser usado para organismos vivos, afinal qualquer fenômeno periódico pode servir como relógio. Por exemplo, as batidas do coração podem servir como relógio e assim, pode-se imaginar os corpos dos observadores como relógios, e concluir-se, assim, que o observador que vive no referencial R envelhece mais rápido que aquele no referencial R_o .²

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As questões acerca dos conceitos de espaço e tempo estão ainda na agenda do pensamento filosófico e científico. De fato, perguntas sobre tais grandezas, enfocando-se (1) suas naturezas, (2) seus estatutos *ontológicos* e (3) suas relações entre si (apenas para citar as mais instigantes) permanecem sendo discutidas e trabalhadas, teoricamente e experimentalmente.

Tais dúvidas podem ser exploradas com objetivos pedagógicos — de acordo com os apontamentos sugeridos no presente texto —, sendo possível conjeturar com os estudantes em formação científica — quer no nível médio, quer na graduação e na pós-graduação (GUERRA *et al.*, 2007) — sobre as fecundas possibilidades de diálogo entre a Física e a HFC, dirigidas à abordagem do espaço e do tempo. Esta perspectiva, assinalada na Introdução do presente ensaio, é ratificada por Moreira e colaboradores (2007), ao se considerar os riscos de uma formação científica descontextualizada dos debates epistemológicos:

Tradicionalmente o curso de física e também os livros didáticos privilegiam uma formação acadêmica com enfoque altamente empirista-indutivista, isto é, um enfoque no qual o conhecimento advém da generalização indutiva a partir da observação, sem qualquer influência teórica ou subjetiva, e dessa forma capaz de assegurar a verdade absoluta às afirmações científicas. Nosso pressuposto básico, e freqüentemente defendido na literatura, é que essas visões superadas (empiristas-indutivistas) da natureza da ciência sustentadas por futuros professores de física acabam resultando em práticas docentes inadequadas.

A importância do espaço e do tempo para a vida permite que se considere a tematização destas idéias como um bom modelo para o desenvolvimento de *conversações* filosófico-científicas, as quais poderão ter grande impacto na compreensão, pelos estudantes, dos processos de evolução dos conceitos no âmbito da Física.

² Em relação a esta questão, pode-se mencionar o famoso *Paradoxo dos gêmeos*: “Consideremos um par de gêmeos. Suponhamos que um dos gêmeos vá viver no topo de uma montanha, enquanto o outro permanece no nível do mar. O primeiro gêmeo envelheceria mais rápido do que o segundo. Logo, se eles voltassem a se encontrar, um seria mais velho do que o outro. Neste caso, a diferença nas idades seria bem pequena, mas seria muito maior se um dos gêmeos partisse em uma longa viagem numa espaçonave na qual ele acelerasse até a velocidade próxima à da luz. Quando retornasse, ele seria muito mais jovem que aquele que permaneceu na Terra. Isto é conhecido como o paradoxo dos gêmeos, mas só é um paradoxo se você tem a idéia de tempo absoluto na cabeça. Na teoria da relatividade, não existe um único tempo absoluto; em vez disso, cada indivíduo tem sua própria medida pessoal do tempo, que depende do lugar onde ele se encontra e de como está se movendo.” Cf. HAWKING, S.; MLODINOW, L. Uma nova história do tempo. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- ARISTOTE. **Physique**. Paris: Belles Lettres, 1931.
- BRAGUE, R. **O tempo em Platão e Aristóteles**. São Paulo: Loyola, 2006.
- BUNGE, Mario. **Física e filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- CHAUÍ, M. **Introdução à história da filosofia**. 2ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- DAHMEN, S.R. Gödel e Einstein: e quando o tempo não resiste à amizade? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, pp. 531-539, 2006.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Campus, 1979.
- EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1962.
- EINSTEIN, Albert. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.
- EINSTEIN, Albert. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco; REIS, José C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.
- HAWKING, S.; MLODINOW, L. **Uma nova história do tempo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.
- KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2006.
- MOREIRA, Marco A.; MASSONI, N.T.; OSTERMANN, F. "História e epistemologia da física" na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, pp. 127-134, 2007.
- NEWTON, Isaac. **Mathematical principles of natural philosophy**. Chicago: Britannica Great Books; 1978.
- OLIVEIRA, I. S. **Física Moderna: para iniciados, interessados e aficionados**, volume 1. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- REALE, Giovanni. **História da filosofia antiga**. 2ª ed. São Paulo: Loyola, 2001. vol. 5.
- RENN, J. A física clássica de cabeça para baixo: como Einstein descobriu a teoria da relatividade especial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, pp. 27-36, 2005.
- ROMANELLI, Mayara A.; MAJESKI-COLOMBO, Marília; OLIVEIRA, Alexandre L.; DE DE JESUS, Vitor L. B.; HELAYËL-NETO, José A.; SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo. A "natureza" do espaço e do tempo In: II Jornada Científica da Baixada Fluminense, 2007, Nilópolis. **Livro de Resumos da II JCBF**. Nilópolis: CEFET Química / RJ, v.1., p. 81, 2007.
- SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo. **Deuses e homens**. São Paulo: Landy, 2003.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo; ROMANELLI, Mayara A.; ALVES FERREIRA, Ricardo; MAJESKI-COLOMBO, Marília; MACEDO JÚNIOR, Marcelo A. V.; DE JESUS, Vitor L. B.; ESPERIDIÃO ANTONIO, Vanderson; OLIVEIRA, Alexandre L.; HELAYËL-NETO, José A. Neurociências e espaço-tempo In: XXXI Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada, 2008, Águas de Lindóia. **CD Rom - XXXI Encontro Nacional de Física da Matéria Condensada**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, p. ID: 427-2, 2008a.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo; ROMANELLI, Mayara A.; DE JESUS, Vitor L. B.; SIQUEIRA-BATISTA, Romulo; HELAYËL-NETO, José A. A “natureza” do espaço-tempo: reflexões acerca do ensino de História e Filosofia da Ciência In: Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente. **Anais do Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**. Niterói: UNIPLI, p. 35-44, 2008.

SIQUEIRA-BATISTA, Rodrigo. **Uma “viagem” no espaço-tempo**. Conferência proferida no Ciclo de Palestras "Einstein na América Latina e a Teoria da Relatividade". Nilópolis: IFRJ, 2009.

SZAMOSI, Géza. **Tempo & espaço: as dimensões gêmeas**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

TASSINARI, A. Einstein e a modernidade. **Novos estudos - CEBRAP**, v. 75, pp. 157-170, 2006.